



①⑨ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 102 26 950 A 1**

⑤① Int. Cl.⁷:
G 06 K 11/08
G 06 F 3/033

②① Aktenzeichen: 102 26 950.5
②② Anmeldetag: 17. 6. 2002
④③ Offenlegungstag: 30. 4. 2003

DE 102 26 950 A 1

③⑩ Unionspriorität:
10/000,604 23. 10. 2001 US

⑦① Anmelder:
Agilent Technologies, Inc. (n.d.Ges.d.Staates
Delaware), Palo Alto, Calif., US

⑦④ Vertreter:
Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, 82049
Pullach

⑦② Erfinder:
Anderson, Mark A., Ft. Collins, Col., US; Misek,
Brian J., Ft. Collins, Col., US; Norskog, Allen C., Fort
Collins, Col., US; Dietz, Zachary, Logmont, Col., US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Optische Navigation auf gemaserten Oberflächen unter Verwendung mehrerer Navigationssensoren

⑤⑦ Eine Maus zum Navigieren auf gemaserten Oberflächen ist mit mindestens zwei optischen Navigationsschaltungen ausgestattet, die unterschiedliche Ansichten der Arbeitsoberfläche aufweisen und deren Achsen nicht-parallel sein können. Für jede Navigationsschaltung wird ein Hinweis einer Navigationsbeeinträchtigung aufgrund einer Maserung erfaßt. Ein geeigneter Algorithmus wählt aus den verschiedenen Navigationsschaltungen eine aus, deren Ausgabe zu verwenden ist. Die mehreren optischen Navigationsschaltungen können jeweils separate, in sich geschlossene Mechanismen auf separaten Chips sein oder sie können separate Abschnitte einer einzelnen integrierten Schaltung sein. Die diversen Metriken, die in einer Navigationsschaltung für eine Raumfilterauswahl verwendet werden, können ferner durch den Navigationsschaltungsauswahlalgorithmus verwendet werden. Jede optische Navigationsschaltung kann ihre eigene Lichtquelle aufweisen, oder sie können eine gemeinsame verwenden. Sie können auch eine beliebige gemeinsame Bilderzeugungsoptik verwenden, obwohl jeder Navigationssensor ein unterschiedliches Bild sieht. Falls die optischen Navigationssensoren nicht-parallele Achsen aufweisen, werden ihre Angaben einer inkrementalen Bewegung in der Maus zu einem gemeinsamen Rahmen als Attribut zu dem Navigationsauswahlalgorithmus umgewandelt.

DE 102 26 950 A 1

[0001] Der Gegenstand der vorliegenden Anmeldung ist verwandt mit dem der US-Patentschrift 6,057,540 mit dem Titel MOUSELESS OPTICAL AND POSITION TRANSLATION TYPE SCREEN POINTER CONTROL FOR A COMPUTER SYSTEM, die am 30. April 1998 eingereicht wurde, und ist ferner mit dem Gegenstand verwandt, der in der am 2. März 1995 eingereichten US-Patentschrift 5,578,813 beschrieben ist, die am 26. November 1996 ausgegeben wurde und den Titel FREEHAND IMAGE SCANNING DEVICE WHICH COMPENSATES FOR NON-LINEAR MOVEMENT trägt. Diese Anmeldung ist ferner verwandt mit dem Gegenstand, der in der US-Patentschrift 5,786,804 beschrieben ist, welche am 28. Juli 1998 ausgegeben, am 6. Oktober 1995 eingereicht wurde, den Titel METHOD AND SYSTEM FOR TRACKING ATTITUDE trägt und ebenfalls an Hewlett-Packard Co. wurde. Diese drei Patentschriften beschreiben grundlegende Techniken zum Verfolgen einer Positionsbewegung, wobei diese Techniken Komponenten der nachstehend beschriebenen bevorzugten Ausführungsbeispiele umfassen. Dementsprechend sind die US-Patentschriften 6,057,540/1 5,578, 813 und 5,786,804 durch Bezugnahme in dieses Dokument aufgenommen.

[0002] Eine optische Navigation erzeugt Bewegungssignale, die eine relative Bewegung entlang der Richtungen von Koordinatenachsen angeben und wird immer weiter verbreitet. Sie wird beispielsweise bei optischen Computermäusen und Fingerspitzenverfolgungsvorrichtungen verwendet, um herkömmliche Mäuse und Rollkugeln zum Zweck der Positionssteuerung von Bildschirmzeigern in geöffneten Benutzerschnittstellen für Computersysteme zu ersetzen. Sie weist viele Vorteile auf, unter anderem das Fehlen beweglicher Teile, an denen sich Schmutz ansammelt und die einem mechanischen Nutzungverschleiß unterliegen. Ein neuerer Vorteil einer optischen Maus besteht darin, daß sie keine Mauseinflagefläche benötigt, da moderne optische Navigationstechniken allgemein in der Lage sind, auf beliebigen Oberflächen zu navigieren, solange diese Oberflächen nicht ohne optische Merkmale sind.

[0003] Die in dem vorstehenden Absatz erwähnten modernen optischen Navigationstechniken arbeiten durch ein Verfolgen der relativen Verschiebung von Bildern. Eine zweidimensionale Ansicht eines Abschnitts der Oberfläche wird auf ein Array aus Photodetektoren fokussiert, deren Ausgaben digitalisiert und als Referenzbild in einem entsprechenden Speicherarray gespeichert werden. Kurze Zeit später wird ferner ein Probenbild digitalisiert. Falls keine Bewegung vorgelegen hat, dann sind das Probenbild und das Referenzbild identisch (oder nahezu identisch). Hiermit ist natürlich gemeint, daß die gespeicherten Arrays übereinzustimmen scheinen. Falls andererseits eine gewisse Bewegung vorgelegen hat, scheint sich das Probenbild innerhalb seiner Grenzen verschoben zu haben, und die digitalisierten Arrays stimmen nicht mehr überein (das heißt, falls ihre Grenzen ebenfalls in einer Linie liegen). Der Abstimmungsvorgang wird als "Korrelation" bezeichnet und kann auf vielfältige Weise durchgeführt werden, von denen eine in den hierin aufgenommenen Patentschriften beschrieben ist. Isoliert betrachtet beantwortet die Korrelation die enge Frage "Sind diese beiden Bilder ausgerichtet?". Wenn die Antwort "Nein" lautet, könnte dies an einer inzwischen eingetretenen Bewegung in einer beliebigen Richtung liegen, und es ist ein zusätzlicher Mechanismus erforderlich, um die Richtung und den Grad der Verschiebung zu finden, die bzw. der Korrelationsergebnisse von "Ja" oder "Fast" ergibt. Es werden Korrelationen zwischen einem der gespeicherten Bilder (zum Beispiel dem Referenzbild) und einer Sammlung von

verschobenen Versionen des anderen (Proben-)Bildes durchgeführt. Die Verschiebungen sind keine Verschiebung, eins rüber, eins nach oben, eins nach oben, eins rüber in die andere Richtung usw. für acht tatsächliche

5 Verschiebungen und eine "Null"-Verschiebung. Wir würden daraufhin erwarten, daß eine dieser neun Korrelationen besser sei als alle anderen, und ihre Verschiebungsrichtung und ihr Verschiebungsgrad werden als Angabe der inzwischen eingetretenen Bewegung genommen. Kollektiv beschreiben die neun Korrelationswerte eine "Korrelationsoberfläche".

[0004] Der optische Navigationsmechanismus unterhält Geschwindigkeitsinformationen (Schnelligkeits- und Richtungsinformationen). Wenn ein neuer Probenrahmen mit dem Referenzrahmen korreliert werden soll, kann eine vorausgesagte Verschiebung als Anfangspunkt für die neun Verschiebungen verwendet werden. Bei dieser Anordnung tragen die Korrelationsergebnisse zu einer aktualisierten Schnelligkeit bei und ratifizieren oder modifizieren die soeben vorausgesagte Bewegung. Eine Voraussage wird verwendet, um den Referenzrahmen "vorzuverschieben", bis der neue Probenrahmen einen beträchtlichen Abschnitt des verschobenen Referenzrahmens nicht überlappt. Zu diesem Zeitpunkt wird ein neuer Referenzrahmen genommen. Eine Voraussage kann verwendet werden, um die Abtastrate zu verlangsamen, um Leistung zu sparen (falls die Lichtquelle gepulst ist oder zwischen Abtastungen abgeschaltet werden kann), wenn die Stromschnelligkeit gering ist.

[0005] Die oben beschriebene grundlegende Technik arbeitet ziemlich gut, wenn die Oberfläche Bilder erzeugt, die als durch geschlossene Grenzen definierte Hell-/Dunkelregionen erscheinen. Die Grenzen müssen nicht abrupt sein; sie können langsam fortschreitend sein. Falls die Formen der Regionen ausreichend asymmetrisch oder unregelmäßig sind, kann jegliches Einfriedungserfordernis für die Grenzen lax sein. Der Verschiebungs- und Korrelationsmechanismus kann jedoch auf Schwierigkeiten stoßen, wenn viel Symmetrie und keine geschlossenen Grenzen vorliegen. Man nehme beispielsweise an, daß eine Maus auf einem Schreibtisch mit Holzmaserung navigiert. Unter den richtigen Umständen könnten die dem Korrelator präsentierten Bilder eine Serie paralleler Linien darzustellen scheinen. Im schlimmsten Fall ist der Abstand zwischen den Linien regelmäßig und minimal, was die Bewegungseffekte in einer Richtung quer über die Linien verschleiert. Eine Mehrbitauflösung und -interpolation können das Problem lindern, sind jedoch nicht totschier und sind definitiv nicht kostengünstig. Und es ist relativ schwierig, eine Bewegung in der Richtung entlang gleichmäßig paralleler Linien zu erfassen. Das Ergebnis ist eine überlistete Maus und ein frustrierter Benutzer. (Um fair zu sein, sei gesagt, daß gemaserte bzw. unebene Oberflächen nur manchmal problematisch sind. Viel hängt von der Merkmalsgröße sowie von der Ausrichtung ab. Parallele Merkmale, deren Entfernung geringer ist als der Abstand zwischen Photodetektoren, werden nicht als separate Entitäten aufgelöst. Schwierige Fälle ergeben sich für parallele Merkmale, die sich mit beispielsweise jedem zweiten oder jedem dritten Photodetektor ausrichten. Allgemein gilt, daß desto weniger Schwierigkeiten entstehen, je mehr die Entfernung der Merkmale von diesen problematischen Fällen abweicht. Man merke sich deshalb, daß allein die Tatsache, daß eine Oberfläche gemasert ist, nicht bedeutet, daß sie einen schwierigen Fall darstellen kann.)

[0006] Eine Lösung für diese gelegentliche Schwierigkeit bestünde darin, die Auflösung, mit der Bilder dargestellt werden, zu erhöhen. Man könnte das Bild stärker vergrößern, die Pixeldichte erhöhen oder jedes Pixel zu einer größeren Anzahl von Bits digitalisieren. Die Hoffnung dabei ist, daß das, was anscheinend regelmäßige, sich wiederho-

lende (und somit nicht zu unterscheidende) Merkmale sind, schließlich unregelmäßig wird (und somit voneinander zu unterscheiden ist). Jede dieser Lösungen weist ihren Nachteil auf, unter anderem erhöhte Kosten und Komplexität und ein Erfordernis einer größeren internen Verarbeitungsgeschwindigkeit, einfach um bei einer gegebenen Rate einer physischen Mausbewegung eine Spurverfolgung über die Oberfläche aufrechtzuerhalten.

[0007] Eine weitere Methode, die bisher verwendet wurde, um das Problem der Maserung/parallelen Linien abzumildern, ist ein (räumliches) Filtern der Bilder, bevor sie korreliert werden. Der Grundgedanke besteht darin, die zu korrelierenden Arrays derart zu modifizieren, daß eine regelmäßige Struktur in den Daten zumindest teilweise unterdrückt wird. Dies ermöglicht es, daß die Reaktion des Korrelationsmechanismus mehr auf unregelmäßigen Merkmalen in dem Bild basiert und weniger auf regelmäßig wiederkehrenden Merkmalen, die starke Korrelationen erzeugen, die nicht von Bewegung abhängig sind. Der Grundgedanke ist ähnlich einem Herausfiltern eines bekannten starken Signals, um ein schwächeres wiederzugewinnen. Das Filtern wird durch Ändern der Werte in den diversen Positionen eines Arrays gemäß einer arithmetischen Kombination mit den Werten in symmetrisch gegenüberliegenden Positionen, die um die interessierende Position herum angeordnet sind, durchgeführt, und verzerrt oder verändert notwendigerweise das Bild, das gerade verfolgt wird. Dies ist akzeptabel, da wir an einer derartigen Treue sowieso nicht besonders interessiert sind. Das heißt, wir werden niemals jemandem den Inhalt des Arrays als Bild anzeigen; wir wollen es einfach verfolgen. Der Stand der Technik kennt verschiedene Raumfilter, die auf die Weise, die wir gerade beschrieben haben, verwendbar sind, und wenn der Entwerfer erst einmal einen geeigneten identifiziert hat, wird er einfach als dauerhaftes Merkmal in das System integriert.

[0008] Bisher werden Raumfilter in optischen Mäusen verwendet, um das Problem paralleler Linien anzugehen, die sich beispielsweise aus einer Holzmaserung ergeben. Sie sind allgemein in zwei orthogonalen Richtungen wirksam, die relativ zu der Raumstruktur, in der das Array aus Photosensoren entworfen ist, zum Beispiel parallel zu den Achsen des Sensorarrays oder um fünfundvierzig Grad zu demselben geneigt, ausgerichtet sind. Die hierin aufgenommene Anmeldung '544 beschreibt zwei solche Filter und ein Verfahren zum Umschalten zwischen denselben. Der Grundgedanke besteht darin, daß jedes Filter einen begrenzten Funktionsbereich aufweist und die Maus durch das Erscheinen langer paralleler Merkmale, die durch das andere Filter auf bessere Weise angegangen werden können, übertölpelt werden kann. Das Umschalten oder der Filterauswahlmechanismus arbeitet als Reaktion auf die Erfassung axialer und diagonalen Stege in der Korrelationsoberfläche (die in der Patentanmeldung '544 beschriebene AR-, DR- und RM-Metrik).

[0009] Ungünstigerweise ist es immer noch möglich, daß das in der Patentanmeldung '544 beschriebene System gelegentlich von einer gemaserten Oberfläche verwirrt wird. Zu seiner Verteidigung bemerken wir, daß das Filterumschaltensystem zur Verwendung bei einem (sehr) kostengünstigen optischen Navigationssensor für eine Maus entwickelt wurde, wobei ein Teil der Kostengünstigkeit dadurch erreicht wurde, daß die Filterausgabe eine Auflösung von lediglich einem einzigen Bit(!) ist. Dies führte zu einer beträchtlichen kollateralen Verringerung der Komplexität für den zur Korrelation benötigten arithmetischen Schaltungsaufbau. Falls eine Mehrbitpräzision beibehalten wird, ist es ziemlich wahrscheinlich, daß sich die Leistungsfähigkeit der Mehrfiltermethode entsprechend verbessern würde,

möglicherweise bis zu einem Punkt, an dem keine weiteren Verbesserungen als nötig erachtet werden. In der Tat schließt eine Mehrbitpräzision derzeit jedoch die Vorstellung von sehr geringen Kosten aus (die Chipgröße nimmt mit dem gesamten zusätzlichen arithmetischen Schaltungsaufwand rapide zu), so daß wir überlegen müssen, was getan werden könnte, um die Auswirkungen einer Maserung bei einer lediglich bescheidenen Zunahme der Sensorkosten weiter zu verringern. Was ist zu tun?

[0010] Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine preisgünstige und präzise Zeigevorrichtung zu schaffen.

[0011] Diese Aufgabe wird durch eine Zeigevorrichtung gemäß Anspruch 1 gelöst.

[0012] Eine Lösung des Problems eines optischen Navigierens einer Maus oder dergleichen auf gemaserten bzw. marmorierten bzw. gemusterten Oberflächen besteht darin: erstens die Maus mit mindestens einer weiteren optischen Navigationsschaltung auszustatten, deren Sichtfeld anders und deren Achsen möglicherweise in einem Winkel zu denen der ursprünglichen optischen Navigationsschaltung ausgerichtet sind; zweitens bezüglich jeder Navigationsschaltung einen Hinweis einer Navigationsbeeinträchtigung aufgrund einer Maserung zu erfassen, und drittens gemäß einem geeigneten Algorithmus zu navigieren, der aus den verschiedenen Navigationsschaltungen auswählt, von welcher der Ausgang zu verwenden ist. Die mehreren optischen Navigationsschaltungen können jeweils separate, in sich geschlossene Mechanismen auf separaten Chips sein, oder sie können vorzugsweise separate Abschnitte einer einzigen integrierten Schaltung sein. Die zur Filterauswahl verwendeten diversen Metriken können ferner durch den Navigationsschaltungsauswahlalgorithmus verwendet werden. Jede optische Navigationsschaltung kann ihre eigene Lichtquelle aufweisen, oder vorzugsweise können sie eine gemeinsame verwenden. Vorzugsweise verwenden sie auch jegliche Bilderzeugungsoptiken gemeinsam. Auf jeden Fall, falls die optischen Navigationssensoren derart ausgerichtet sind, daß ihre jeweiligen Achsen nicht parallel sind, müssen ihre Hinweise auf eine inkrementale (Maus-)Bewegung vor einer Verwendung in einen üblichen Rahmen umgewandelt werden. Diese Umwandlung kann in der Maus als Zubehör zu dem Navigationsauswahlalgorithmus durchgeführt werden.

[0013] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend Bezug nehmend auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

[0014] **Fig. 1** eine Seitenansicht optischer Pfade in einem Abschnitt einer Maus, der eine Mehrzahl von optischen Navigationsschaltungen aufweist, um ein Navigieren auf gemaserten Oberflächen zu unterstützen;

[0015] **Fig. 2** eine Draufsicht dessen, wie die Achsen zweier optischer Navigationsschaltungen für eine Maus der **Fig. 1** ausgerichtet sein können; und

[0016] **Fig. 3** ein vereinfachtes Blockdiagramm dessen, wie eine Maus der **Fig. 1** aufgebaut sein kann, derart, daß sie auswählt, welche optische Navigationsschaltung Koordinaten an eine interessierte Umgebung senden soll, auf der Basis eines Gütefaktorsignals, das von jeder optischen Navigationsschaltung erhalten wird.

[0017] Es sei nun auf **Fig. 1** Bezug genommen, bei der eine Seitenansicht **1** eines Abschnittes einer optischen Navigationsvorrichtung, beispielsweise für eine Maus, die gemäß der Erfindung aufgebaut ist, gezeigt ist. Man beachte insbesondere, daß eine Arbeitsoberfläche **2**, beispielsweise eine Schreibtischplatte aus Holz, durch eine Lichtquelle wie beispielsweise eine LED (light emitting diode, lichtemittierende Diode) beleuchtet wird. Das Licht von der LED **2** wird durch eine geeignete Linse **4** auf eine beleuchtete Region **5**

gelenkt, die ein Teil des Abschnitts der Arbeitsoberfläche 2 ist, der sich derzeit unter der Maus befindet (die Maus selbst ist nicht in ihrer Gesamtheit gezeigt).

[0018] Oberhalb der Arbeitsoberfläche 2 ist eine Navigations-IC (integrierte Schaltung, integrated circuit) 9 angeordnet, die Arrays 10 und 11 aus optischen Sensoren umfaßt (von denen jeder aus beispielsweise sechzehn mal sechzehn Phototransistoren zusammengesetzt ist). Jedem Array ist ein verbleibender Abschnitt eines Navigationsschaltungsaufbaus zugeordnet, der vorzugsweise die in den hierin aufgenommenen Patentschriften und Patentanmeldungen dargestellten Merkmale umfaßt, einschließlich eines auswählbaren räumlichen Filterns. Vorzugsweise ist die IC 9 eine einzelne IC, die zwei (oder vielleicht mehr) Bilderzeugungs- und Navigationsmechanismen der beschriebenen Art trägt, es kann aber auch der Fall sein, daß zwei oder mehr einzelne Bilderzeugungs- und Navigations-ICs auf einem Substrat oder einer Schaltungsplatine montiert sind. Auf jeden Fall ist bevorzugt, daß die Arrays 10 und 11 ausreichend nahe beieinander liegen, daß eine Einzellinse 8 dazu dient, Licht 12a von einem Bereich 6 sowie Licht 13a von einem Bereich 7, die beide Abschnitte der beleuchteten Region 5 sind, als Bilder 12b bzw. 13b auf die Arrays 11 bzw. 10 zu fokussieren. Dies ist der Wirtschaftlichkeit halber wünschenswert und funktioniert gut mit anderen optischen Gegebenheiten in der Maus (Schärfentiefe für die Linse 8 usw.), die in der Kombination die optischen Arrays 10 und 11 "direkt nach unten sehen" oder fast "direkt nach unten" auf die Arbeitsoberfläche 2 sehen lassen. Ferner ist es bei einer Einzellinse 8 und zwei separaten Arrays 10 und 11 sehr wahrscheinlich, und in der Tat vorzuziehen, daß die Bereiche 6 und 7 zwar in unmittelbarer Nähe beieinander liegen, jedoch nicht verbunden sind. Das heißt, daß, wenn statt einer Einzellinse 8 zwei Linsen vorliegen würden und sich die Arrays 10 und 11 beispielsweise auf getrennten ICs befinden würden, sich die Bereiche 6 und 7 dann im Prinzip an gegenüberliegenden Enden der Maus befinden könnten. Wir sagen nicht, daß das schlecht ist, sondern vielmehr, daß wir bevorzugen, daß sie nahe beieinander liegen. Der Grund hierfür ist folgender. Wenn ein Navigationsmechanismus anfängt, mit einer Maserung, die auf eine bestimmte Weise ausgerichtet ist, Schwierigkeiten zu haben, dann können wir annehmen, daß es wahrscheinlich ist, daß die anderen Navigationsmechanismen auf eine Maserung stoßen, die wahrscheinlich auf ähnliche Weise ausgerichtet ist (gewissermaßen gemäß einem Lokalisationsprinzip). Wenn die beiden Navigationsmechanismen jedoch Achsen aufweisen, die zueinander geneigt sind, wobei der Neigungsgrad vorzugsweise fünfundvierzig Grad beträgt, und (vorzugsweise) jeder sein eigenes räumliches Filtern aufweist, das er für eine Bestleistung auswählt (wie in der Patentanmeldung '544 gelehrt wird), ist es nicht ungerechtfertigt, zu erwarten, daß der alternative Navigationsmechanismus auf einer Maserung dieser Ausrichtung eine bessere Leistung erbringen könnte. Wenn er das nicht tut (und wir können nicht garantieren, daß er es tut), dann tut die Maus vielleicht das, was sie eventuell sowieso getan hätte – nämlich einen kurzen Zeitraum einer Dementia aufzuweisen, währenddessen sie es nicht schafft, den Bildschirmzeiger zu bewegen, obwohl sie selbst in Bewegung ist.

[0019] Bevor wir fortfahren, sind hier einige Bemerkungen angebracht. Erstens könnten die Bereiche 6 und 7 weit voneinander getrennt sein, wobei die Begründung lautet, daß wir einfach unsere Ausgabe von dem Navigationsmechanismus nehmen, der am besten funktioniert, wenn einer oder der andere Probleme aufgrund einer Maserung hat. Das wäre sicherlich ein vernünftiger Ansatz. Er bringt jedoch die zusätzlichen Kosten mit sich, die damit verbunden sind, daß keine gemeinsame Optik möglich ist, und verwendet viel-

leicht nicht eine einzige IC für all die Navigationsmechanismen. Je größer jedoch die Trennung ist, desto geringer ist die Wahrscheinlichkeit, daß ein Anwinkeln der Achsen der verschiedenen Navigationsmechanismen einen beträchtlichen Nutzen bringt; der Hauptvorteil ergibt sich vielleicht einfach aus der Vielfältigkeit der Ansichten. In diesem Fall sind wir ferner davon befreit, Koordinaten drehen zu müssen, was an sich schon ein Vorteil ist.

[0020] Als nächstes könnte man folgendes beobachten: Beim Auswählen zwischen Navigationssensoren, die die nahezu benachbarten Bereiche 6 und 7 betrachten, aber nicht-parallel Achsen aufweisen, führen wir (zumindest fast) das Äquivalent einer Drehung zwischen einer gemaserten Arbeitsoberfläche und dem Navigationssensor durch. Es wäre nämlich tatsächlich so (wenn man keine Mausbewegung annimmt), falls sich die Beleuchtungsquelle gemeinsam mit der Auswahl eines Sensors änderte, um in einer feststehenden Position relativ zu demselben zu verbleiben. (Wenn eine Mausbewegung vorliegt, würde sich jedoch ihre Bewegungsrichtung bezüglich der Maserung nicht ändern.) Bisher haben wir nicht gesagt, daß sich die Lichtquelle bewegen kann, während die verschiedenen Navigationsmechanismen ausgewählt werden, und halten dies hiermit fest. Ferner bemerken wir, daß die Maserungsschwierigkeiten am schlimmsten zu sein scheinen, wenn das Licht in rechten Winkeln und nicht aus einer Richtung entlang der Achse der Maserung auf die Maserung auftritt. (Der Grund scheint die Erzeugung von langen schmalen Schatten zu sein, die als parallele Linien erscheinen.) Obwohl also ein Umschalten von einem Navigationsmechanismus zu einem anderen, mit seinen unterschiedlichen Bild- und Filterauswahlen, ausreichend sein kann, ist dies nicht die aggressivste Lösung. Diese, würde man meinen, würde auch ein Bewegen der Lichtquelle beinhalten. Die hierin aufgenommene Patentanmeldung '544 offenbart in einem einzelnen Navigationsmechanismus ein Bewegen der Position der Lichtquelle, während unterschiedliche Filter ausgewählt werden. Wir könnten diesen Grundgedanken um eine Beleuchtung mit unterschiedlichen LEDs, während entsprechend unterschiedliche Navigationsmechanismen ausgewählt werden, erweitern. Dies würde die Wahrscheinlichkeit maximieren, daß sein Bild verwendbar ist, entweder indem man sicherstellt, daß es aus einer Längsrichtung, zumindest hauptsächlich, und nicht von der Seite beleuchtet wird, oder indem man einfach die größte Anzahl an Möglichkeiten erlaubt, aus denen diejenige ausgewählt wird, die am besten funktioniert.

[0021] Trotz ihrer Vorzüge ist diese Idee nicht ohne Einschränkungen. Angenommen, daß die Lichtquellen aus Gründen, die sich auf einen Leistungsverbrauch beziehen (beispielsweise bei einer kabellosen, batteriebetriebenen Maus), gepulst sind, so daß sie in Zeiten fehlender oder geringer Geschwindigkeit und zwischen Abtastungen meistens aus sind (d. h. als Reaktion auf eine gemessene Geschwindigkeit beleuchten und abtasten, um nicht die Verfolgung ("Tracking") zu verlieren). Es ist äußerst wahrscheinlich, daß ein Belichtungsregelkreis vorliegt, der die Belichtungszeit einstellt, um den Bildkontrast zu maximieren. Es erfordert Übung oder Zeit, den eingestellten Punkt zu erlangen, und ein Umschalten zwischen Lichtquellen kann die allgemeinen Kosten einer erneuten Übungszeit mit sich bringen. Eine ähnliche Situation kann sich auch bei "elektronischen Verschlusselementen" ergeben, auch wenn die Lichtquelle kontinuierlich eingeschaltet ist. Andererseits kann die Systemleistung ausreichend schnell sein, so daß der Maus keine unangemessenen Geschwindigkeitsbegrenzungen auferlegt werden.

[0022] Es ist anzumerken, daß die Situation weniger komplex wird, wenn lediglich eine Lichtquelle vorliegt, die kon-

tinuierlich eingeschaltet ist und von zwei Navigationsmechanismen gemeinsam verwendet wird, die jeweils ihr eigenes (d. h. unabhängig servogeregeltes) elektronisches Verschlüsselement für eine Belichtungsregelung aufweisen. Eine einzelne Lichtquelle maximiert die Erzeugung von Glanzlichtern und Schatten, was für eine Navigation auf Stoff oder Papier üblicherweise gut ist, Lange dünne Schatten von der seitlichen Beleuchtung einer Maserung könnten jedoch weniger wünschenswert sein als ein Auffüllen der Schatten mit einer Längsbeleuchtung und ein Navigieren bezüglich Variationen des Oberflächenreflexionsvermögens aufgrund einer Materialzusammensetzung (ähnlich Farbvariationen). In diesem Fall hätte man mehrere Lichtquellen und würde sie einfach eingeschaltet lassen oder pulsen, gemäß dem in Verwendung befindlichen Schema.

[0023] Schließlich könnte man sich über die Auswirkungen auf eine Positionierung eines Bildschirmzeigers Gedanken machen, wenn Zeit benötigt wird, um von einem Navigationsmechanismus zum anderen umzuschalten; sicherlich geht dabei ein gewisses Maß an Mausbewegung verloren. Dies ist tatsächlich der Fall. Aber man erinnere sich, daß die Navigationsmechanismen ab 1500 Mal pro Sekunde aufwärts abtasten können und daß die Position des Bildschirmzeigers sogar bei mäßig hohen Mausgeschwindigkeiten lediglich jeweils um ein paar Pixel geändert wird. Hierzu geselle sich die Vorstellung, daß der Benutzer seine Hand bewegt, um den Bildschirmzeiger auf eine vorbestimmte Position in der Anzeige hin servozuregeln, und sich üblicherweise nicht der exakten Entsprechung zwischen der Bewegung und der Position in einem bestimmten Moment bewußt ist noch sich darüber Gedanken macht, dann fallen einige wenige verlorene Bewegungspixel hier und dort nicht auf.

[0024] Um unsere Erörterung der Figuren zusammenzufassen, sei nun auf **Fig. 2** verwiesen, in der eine bevorzugte Ausrichtung der Sensorarrays **10** und **11** gezeigt ist. Wie in der Figur angegeben ist, beträgt der Drehungswinkel zwischen den jeweiligen Achsen der beiden Arrays aus Sensoren fünfundvierzig Grad. Allgemein beträgt das bevorzugte Maß an Winkeldrehung für n-viele Arrays $90^\circ/n$. Man wird jedoch erkennen, daß es nicht notwendig ist, die Achsen so zu neigen, daß sie nicht parallel sind, und daß es wünschenswert sein kann, besonders wenn die Sichtfelder weit voneinander getrennt sind, daß die Achsen parallel bleiben, um auf das Erfordernis einer Koordinatendrehung zu verzichten.

[0025] Man nehme nun an, daß zwei optische Navigationsschaltungen vorliegen, von denen eine optional in einem Winkel von 45° zu der anderen angeordnet ist, und es sei auf **Fig. 3** verwiesen. **Fig. 3** ist ein vereinfachtes bevorzugtes Gesamtblockdiagramm **29** für ein System des gerade betrachteten Typs und umfaßt eine optionale zweite Lichtquelle **27** und eine zugeordnete Linse **28**. Ebenfalls in dem Blockdiagramm **29** gezeigt sind eine optische Navigationsschaltung Nr. 1 (**14**) und eine optische Navigationsschaltung Nr. 2 (**15**), die über die Linse **8** optisch mit Bildern **13** bzw. **12** auf der Arbeitsoberfläche **2** gekoppelt sind. Zu Erläuterungszwecken sei ferner angenommen, daß die Y-Achse der optischen Navigationsschaltung Nr. 1 (**14**) parallel zu der "langen" Achse der Maus ausgerichtet ist, die der Benutzer "nach außen" und "zurück" ("weg" von ihm und "auf ihn zu") bewegt, um die nach oben und nach unten gerichtete Bewegung des Bildschirmzeigers zu erzeugen, und daß die X-Achse parallel zu einer "seitlichen" Bewegung der Maus ist. Das heißt, daß die durch die optische Navigationsschaltung Nr. 1 erzeugten Koordinaten ($\Delta X_1, \Delta Y_1$) genau diejenigen sind, die man erwarten würde, wenn lediglich eine einzige optische Navigationsschaltung und keine zweite vorliegen würde. Unter diesen Umständen (und unter der Annahme von abgewinkelten Achsen von 45°) sind wir ange-

leitet, bei den durch die (zweite) optische Navigationsschaltung Nr. 2 (**15**) erzeugten inkrementalen Koordinaten eine Drehumwandlung (von 45°) durchzuführen. Diese Drehumwandlung wird durch eine Koordinatendreherschaltung **20** durchgeführt, die nicht vorhanden wäre, wenn die Achsen der beiden Navigationsschaltungen parallel wären. Wir sind uns einig, daß man die interne Funktionsweise der optischen Navigationsschaltung Nr. 2 so modifizieren könnte, daß sie die Funktionalität der Koordinatendreherschaltung **20** umfaßt, bevorzugen jedoch, die beiden optischen Navigationsschaltungen **14** und **15** bezüglich eines existierenden Entwurfs (bei einem bekannten Produkt bereits verwendet) so identisch und unverändert wie möglich zu belassen. Wir sagen nun, daß die optische Navigationsschaltung Nr. 1 (**15**) inkrementale Koordinaten ($\Delta X_1, \Delta Y_1$) produziert, die optische Navigationsschaltung Nr. 2 inkrementale Koordinaten ($\Delta X_{\text{roh}}, \Delta Y_{\text{roh}}$) produziert und daß die Koordinatendreherschaltung **20** inkrementale Koordinaten ($\Delta X_2, \Delta Y_2$) produziert. Ströme von inkrementalen Koordinaten ($\Delta X_1, \Delta Y_1$) und ($\Delta X_2, \Delta Y_2$) werden an einen Multiplexer **26** angelegt, von denen eine als die ($\Delta X, \Delta Y$) **26** ausgewählt wird, die gemäß einem Auswahlsignal **24** (Navigationsauswahl, und dessen Ursprünge wir unten erörtern werden) an eine Akkumulierungsschnittstelle **30** und von dort an die interessierte Umgebung (z. B. einen Maustreiber in einem Computer) gesendet wird.

[0026] Es sind nun einige Worte über die Akkumulierungsschnittstelle **30** angebracht, die ein herkömmliches Element ist. Der Computer, dessen Bildschirmzeiger gemäß der Mausbewegung bewegt werden soll, unterliegt keiner Verpflichtung, jedes ($\Delta X, \Delta Y$) unmittelbar während es erzeugt wird zu akzeptieren; der Maus also gewissermaßen voll und ganz ergeben zu sein. Statt dessen prüft das Betriebssystem des Computers zu zweckmäßigen Zeitpunkten in bezug auf Mausergebnisse. Dies bedeutet, daß aufeinanderfolgende Auftretensfälle von ($\Delta X, \Delta Y$) akkumuliert werden müssen und ein ($\Sigma \Delta X, \Sigma \Delta Y$) an den Computer gesendet werden muß, wenn danach gefragt wird. Zu diesem Zeitpunkt werden die Akkumulierungen in der Akkumulierungsschnittstelle **30** neu eingestellt. Man wird einsehen, daß die Rate des Sendens von ($\Sigma \Delta X, \Sigma \Delta Y$) an den Computer im Prinzip langsam genug sein könnte, daß die Maus während einer Akkumulierung von ($\Sigma \Delta X, \Sigma \Delta Y$) zwischen den beiden Bewegungsquellen: ($\Delta X_1, \Delta Y_1$) und ($\Delta X_2, \Delta Y_2$) hin- und herschalten könnte. Es ist nicht sehr wahrscheinlich, aber es könnte passieren, und das Blockdiagramm **29** berücksichtigt diese Möglichkeit.

[0027] Und wenn wir schon bei der Schnittstelle sind, können wir auch gleich noch erwähnen, daß das an den Computer gesandte ($\Sigma \Delta X, \Sigma \Delta Y$) wahrscheinlich nicht in Einheiten von Pixeln vorliegt (obwohl es sein könnte), sondern aller Wahrscheinlichkeit nach in Einheiten von Tics vorliegt, wobei ein Pixel eine bestimmte Anzahl von Tics (beispielsweise vier) aufweist. Dies ist ein weiterer Grund dafür, warum ein gelegentlicher Verlust eines Zählwerts (beispielsweise eines Wechsels der im Gebrauch befindlichen optischen Navigationsschaltung) kein problematischer Umstand ist.

[0028] Jede optische Navigationsschaltung (**14, 15**) erzeugt mindestens ein Gütefaktorsignal. In der Figur sind diese Gütefaktor Nr. 1 (**18**) und Gütefaktor Nr. 2 (**19**). Diese Gütefaktorsignale sind mit einer Navigationsauswahlschaltung **21** gekoppelt, die wiederum die Signalauswahl **24** erzeugt, die an den MUX **25** angelegt ist. Wir holen nun etwas aus, um die Ursprünge der Gütefaktorsignale zu erläutern.

[0029] Eine vollständige Beschreibung ist in der hierin aufgenommenen Patentanmeldung '544 dargelegt, jedoch

folgt hier eine kurze Zusammenfassung: Der Navigationsprozeß beinhaltet die Erzeugung eines Arrays aus neun Korrelationswerten, die das Ausmaß darstellen, in dem ein Abtastbild einer zentralen (vorhandenen oder vorausgesagten) Referenzbildposition und Positionsverschiebungen derselben, nach oben und nach unten und nach links und nach rechts, entspricht (damit korreliert). Falls mehrere Verschiebungen erlaubt sind, können in dem Korrelierungsarray fünfundzwanzig Werte vorliegen. Bleiben wir bei neun, was mit unserem kostengünstigen Ansatz übereinstimmt. Man nenne die Werte des Arrays CS1 bis CS9, wobei CS5 in der Mitte einer Drei-Mal-Drei-Matrix ist, deren Anfangsreihen beispielsweise CS1, CS4 und CS7 sind. CS1, CS4 und CS7 sind eine Spalte, die wie die anderen Spalten mit einer der Achsen ausgerichtet ist, während CS1, CS2 und CS3 eine Reihe sind, die (wie auch die anderen Reihen) der anderen Achse zugeordnet ist. Das Korrelationsarray kann man sich so vorstellen, daß es eine Korrelationsoberfläche oder vielleicht eine Schale beschreibt, je nach der verwendeten Konvention (im wesentlichen die Richtung, von der es betrachtet wird). Wenn die optische Navigationsschaltung ohne Schwierigkeiten verfolgt (mit effektiver Voraussage navigiert), ist der zentrale Wert des Korrelationsarrays (CS5) von Werten (CS1 bis CS4 und CS6 bis CS9) umgeben, die entweder alle größer oder alle kleiner sind (wiederum abhängig von verwendeten Konventionen). Das Herz des Navigationsprozesses ist eine Servoeinrichtung, die Bilder verschiebt, um die Korrelation mittig zu halten; die Aufzeichnung ihrer Bemühungen hierbei ist ein Hinweis auf eine Mausbewegung. Das, was wir als Gütefaktorsignal bezeichnen, bezieht sich vorzugsweise auf eine Metrik, die durch die optische Navigationsschaltung verwendet wird, um aus diversen Raumfiltern auszuwählen, und ist eine weitere Verwendung der Korrelationsoberfläche.

[0030] Der Mechanismus, der den besten zu verwenden den Raumfilter vorhersagt, analysiert die Form der Korrelationsoberfläche, indem er erfaßt, wann die Korrelationsoberfläche Stege entwickelt, statt eine isolierte Spitze aufzuweisen. Wir halten fest, daß Stege auf zwei Arten auftreten: mit den Achsen ausgerichtet und diagonal. Angesichts dessen definieren wir die folgenden zwei Metriken:

$$AR = F \{CS8 - CS4 + CS2 - CS6\} \quad (1)$$

$$DR = F \{CS7 - CS9 + CS3 - CS1\} \quad (2)$$

[0031] Die Metrik AR (für axial ridge, axialer Steg) weist auf das Vorhandensein eines Steges hin, der in einer Richtung verläuft, die parallel zu einer der Achsen ist. Wenn der absolute Wert von AR eine bestimmte Schwelle (beispielsweise 15 % oder 20% des maximalen Werts einer Zelle in dem Korrelationsarray) übersteigt, werden wir argwöhnisch bezüglich dessen, wie gut das in Gebrauch befindliche Filter arbeitet. Die "rohe" Komponente von AR (die Summe der beiden Unterschiede in den Streben) wird durch einen exponentiellen oder Autoregressionsmechanismus (F) gefiltert, um ihre Änderungsrate um eine geeignete Zeitkonstante zu verzögern. Ferner werden zum Berechnen von AR lediglich Bilder verwendet, deren Trennungen in den X- und Y-Achsen gering genug sind, um eine gute Korrelationsoberfläche zu implizieren. Der Grundgedanke besteht darin, daß AR als Eingabe in einen Servoregelungsmechanismus verwendet wird, die Bilddaten leicht etwas rauschbehaftet sein können, und daß wir nicht wollen, daß die Servoeinrichtung durch einen isolierten zufälligen Ausschlag in den Daten zu leicht, "wie von Geisterhand betrieben" wird. Die andere Metrik DR (diagonal ridge, diagonaler Steg) gibt das Vorhandensein eines Steges an, der in einer Richtung verläuft, die dia-

gonal zu den Achsen ist, und wird mit einer beschränkten Eingabe berechnet und auf dieselbe Weise wie AR gefiltert. Auch sie weist eine zugeordnete Schwelle zum Erzeugen eines Argwohns auf. Und während wir einen Bildfilterauswahlmechanismus aufgrund dieser beiden einzeln betrachteten Metriken führen könnten, könnten wir sie auch zu einem Indikator kombinieren, somit:

$$RM = \sqrt{AR^2 + DR^2} \quad (3)$$

RM (ridge metric, Stegmetrik) wird größer, wenn entweder AR oder DR an Größe zunehmen, und obwohl es andere Möglichkeiten gibt, die einzelnen Werte von AR und DR zur Kenntnis zu nehmen, ist RM eine zweckmäßige Möglichkeit, um eine gemeinsame Bedeutung dieser beiden Metriken zu einem einzigen Indikator zu vereinen. Wir weisen ferner darauf hin, daß die Vorzeichen von AR und DR nützliche Informationen enthalten. Wenn wir annehmen, daß bei derartigen System, wie wir es bisher beschrieben haben, eine Korrelationsoberfläche Stege bekommen kann (oder die Schale – von unten betrachtet – Mulden bekommen kann), können wir auch erwarten, daß ein ordnungsgemäß arbeitendes System nach einem geeigneten Filtern keine nicht-vorübergehenden Mulden in seiner Korrelationsoberfläche (oder Stege in einer Schale) aufweisen wird. Wir lehnen es ab, einen rigorosen Beweis hierfür zu liefern, aber es ist tatsächlich der Fall. Wie dem auch sei, es folgt, daß, falls die Y-Achse in der Richtung CS2-CS5-CS8 liegt, $AR > 0$ impliziert, daß entlang dieser Achse ein Steg vorliegt. Falls $AR < 0$, impliziert dies, daß entlang der X-Achse ein Steg vorliegt. Das Vorzeichen von DR kann ebenfalls interpretiert werden, um zwischen den beiden möglichen diagonalen Stegen zu unterscheiden.

[0032] Unserem gegenwärtigen Zweck ist hinreichend gedient, wenn wir den Wert von RM von der optischen Navigationsschaltung Nr. 1 zur Verwendung als Gütefaktorsignal Nr. 1 (**18**) und den Wert von RM von der optischen Navigationsschaltung Nr. 2 zur Verwendung als Gütefaktorsignal Nr. 2 (**19**) verwenden. Wir nehmen an, daß jede optische Navigationsschaltung frei schalten und walten kann, wenn es darum geht, einen Raumfilter zu wählen, aber dann verwenden wir die Beziehung zwischen den Werten von RM von jeder, um zu entscheiden, welche optische Navigationsschaltung zum Senden von (ΔX , ΔY)-Werten an die interessierte Umgebung zu verwenden ist. Hierin werden wir dadurch unterstützt, daß (entwurfsmäßig) eine bekannte Palette an Werten vorliegt, die jedes RM-Signal (Gütefaktoren **18** und **19**) annehmen kann.

[0033] Wir sollten ferner darauf hinweisen, daß andere Informationen aus der Gestalt der Korrelationsoberfläche erhalten werden können. Beispielsweise bedeutet eine allgemein flache Korrelationsoberfläche, daß in dem Sichtfeld keine navigierbaren Merkmale vorliegen. Es kann wünschenswert sein, eine Erfassung dieses Zustands in die Erzeugung der Gütefaktorsignale **18** und **19** aufzunehmen.

[0034] Was die Navigationsauswahlschaltung **21** macht, ist also ziemlich offensichtlich. Sie bestimmt, welcher der größere der beiden Gütefaktoren ist, oder, vielleicht um einen Überlastungszustand zu vermeiden, erlegt dem Prozeß eine gewisse Hysterese auf: beispielsweise, daß der größere den anderen um fünf Prozent, oder eine andere Schwelle, übersteigen muß. Auf jeden Fall bewirkt das als Gewinner hervorgehende Gütefaktorsignal, daß das Navigationsauswahlsignal **24** den MUX **25** umschaltet, um (ΔX_1 , ΔY_1) als (ΔX , ΔY) auszugeben, wenn der Gütefaktor Nr. 1 (**18**) als Gewinner hervorgeht, und (ΔX_2 , ΔY_2) als (ΔX , ΔY) auszugeben, wenn der Gütefaktor Nr. 2 (**19**) als Gewinner hervorgeht. Bei einem alternativen Ausführungsbeispiel kann es

die Navigationsauswahlschaltung **21** ablehnen, das Navigationsauswahlsignal **24** zu ändern, wenn beide Gütefaktoren ausreichend groß sind (d. h. es sei denn, es liegt ein Hinweis darauf vor, daß bei einer der optischen Navigationsschaltungen potentiell eine echte Notsituation vorliegt).

[0035] Wir wenden uns nun dem Thema einer Transformation durch Drehung der Koordinaten von der optischen Navigationsschaltung Nr. 2 durch die Koordinatendreherschaltung **20** zu.

[0036] Selbstverständlich verwenden wir die gewöhnliche Beziehung, die in jedem umfassenden Text über analytische Geometrie entwickelt und beschrieben wird:

$$x_{alt} = x_{neu} \cos\theta - y_{neu} \sin\theta \quad (4a)$$

$$y_{alt} = x_{neu} \sin\theta + y_{neu} \cos\theta \quad (4b)$$

oder

$$x_{neu} = x_{alt} \cos\theta + y_{alt} \sin\theta \quad (5a)$$

$$y_{neu} = x_{alt} \sin\theta + y_{alt} \cos\theta \quad (5b)$$

[0037] Dort, wo die Tiefstellungen "alt" und "roh" einander zugeordnet sind, sind dies auch die Tiefstellungen "neu" und "2".

[0038] In dem Fall, in dem der Winkel 0.45° beträgt, betragen die diversen Sinusse und Cosinusse jeweils $0,707 \dots$, und die grundlegende Berechnung ist in arithmetischer Hinsicht ziemlich einfach. Hier ist jedoch ein bißchen mehr im Spiel als lediglich eine geringfügige Operation mit Arithmetik. Um zu sehen warum, betrachten wir das, was der einfache Fall wäre (obwohl er nicht eintritt). Angenommen, die Koordinaten von der optischen Navigationsschaltung Nr. 2, die zu drehen sind, wären nicht inkremental, sondern absolut; das heißt, sie sind bezüglich eines bestimmten feststehenden Ursprungs, der sich nicht verändert, festgelegt. Dann könnten sie einfach durch eine Drehung transformiert werden, jede bei ihrer Erzeugung. Es könnte ein Rundungsfehler aufgrund einer finiten Arithmetik vorliegen, aber sein Effekt wäre (örtlich) auf jeden Punkt begrenzt und würde sich nicht akkumulieren, während eine Abfolge von Punkten verarbeitet würde.

[0039] Die inkrementale Situation, der wir uns tatsächlich gegenübersehen, ist nicht so aufgeräumt. Die Mausschnittstelle erfordert, daß wir signierte Ganzzahlen für $(\Sigma X, \Sigma Y)$ senden. Die durch die optischen Navigationsschaltungen bereitgestellten $(\Delta X_1, \Delta Y_1)$ und $(\Delta X_{roh}, \Delta Y_{roh})$ sind Ganz zahlen und sind für ihr Präzisionsniveau korrekt. Wir können problemlos $(\Delta X_1, \Delta Y_1)$ bis $(\Sigma X, \Sigma Y)$ je nach Bedarf akkumulieren. Aber die durch Drehung aus $(\Delta X_{roh}, \Delta Y_{roh})$ produzierten $(\Delta X_2, \Delta Y_2)$ sind eine andere Angelegenheit, wie als nächstes erläutert wird.

[0040] Sehr oft sind $(\Delta X_{roh}, \Delta Y_{roh})$ nicht sehr groß, mit beispielsweise einem absoluten Wert von ungefähr zehn bis zwanzig oder weniger. Es wird oft der Fall sein, daß eine sich ergebende gedrehte Koordinate mit kleinem Wert (beispielsweise im Bereich von eins bis zehn oder was auch immer) auf die nächste Ganzzahl aufgerundet oder abgerundet wird, um $(\Delta X_2, \Delta Y_2)$ zu erzeugen. An sich ist dies weder überraschend noch schlecht. Der Maustreiber braucht eine Ganzzahl. Aber es gibt bestimmte Winkel, bei denen, wenn die Maus in einer geraden Linie an ihnen entlangbewegt wird, die Rundung wiederholt wird und einen beträchtlichen Prozentsatz eines Zählwerts einnimmt (beispielsweise ein Runden von 5,45 auf 5 statt eines Rundens von 5,045 auf 5). Wenn jeder Auftretensfall von inkrementalen Koordinaten behandelt wird, als ob er die einzige Erhöhung sei (d. h. als

ob die vorhergehende Koordinate der Ursprung selbst sei), würden Rundungsfehler niemals als Gesamtheit berichtigt werden und würden statt dessen als progressiver Fehler akkumulieren, indem sie "fallengelassen" werden (wobei sie niemals einen Koordinaten-Zu-Koordinaten-Einfluß aufweisen), während eine Sequenz von $(\Delta X_2, \Delta Y_2)$ akkumuliert wurden, um ein Teil von $(\Sigma \Delta X, \Sigma \Delta Y)$ zu werden. Ferner entsteht eine entsprechende Klasse von Verhaltensregeln für ein Aufrunden statt eines Abrundens. Das heißt, daß die Bildschirmzeigerbewegung nicht proportional zu der Bewegung der Maus wäre, und sie könnte von dem Benutzer wahrgenommen werden. Es ist nicht so sehr der Fall, daß eine Bildschirmzeigerbewegung "steckenbleibt", wie wenn eine durch eine Maserung verursachte Mausdementia stattfindet, als vielmehr die Tatsache, daß der Zeiger in einer Achse manchmal langsamer oder schneller als üblich zu gehen scheint.

[0041] Eine Möglichkeit, dies zu beheben, besteht darin, daß der Koordinatendreher **20** eine der ankommenden $(\Delta X_{roh}, \Delta Y_{roh})$ -Koordinaten periodisch so behandelt, als wäre sie ein Ursprung für Punkte, die noch folgen. Er akkumuliert daraufhin nachfolgende $(\Delta X_{roh}, \Delta Y_{roh})$ -Koordinaten zu $(\Sigma X_{roh}, \Sigma Y_{roh})$ -Koordinatenwerten. Während jeder Auftretensfall einer Akkumulierung durchgeführt wird, können seine Werte gedreht und daraufhin im Prinzip unabhängig ohne eine Fehlerakkumulierung gerundet werden.

[0042] Jedoch müssen diese akkumulierten und dann gedrehten Koordinaten in einen entsprechenden Strom von inkrementalen Koordinaten zurückgewandelt werden. Um dies zu bewerkstelligen, ohne erneut demselben Problem gegenüberzustehen, können wir die letzte und vorletzte ungerundete Version der gedrehten akkumulierten Werte nehmen, ihre Differenz nehmen, runden und als $(\Delta X_2, \Delta Y_2)$ verwenden.

[0043] Ein unterschiedliches $(\Delta X_{roh}, \Delta Y_{roh})$ kann als der nächste vorübergehende Ursprung in der Koordinatendreherschaltung genommen werden, wenn die Anzahl von akkumulierten Koordinaten bei Ablauf eines bestimmten Zeitintervalls oder wenn die Akkumulierung beginnt, sich einem oberen Grenzwert beim absoluten Wert anzunähern, eine zweckmäßige Anzahl, beispielsweise fünfundzwanzig, fünfzig oder einhundert, erreicht. Wenn sichergestellt werden könnte, daß in der Zwischenzeit kein arithmetischer Überfluß stattfindet, könnte jedesmal, wenn die Navigationsauswahlschaltung $(\Delta X_2, \Delta Y_2)$ als Quelle für $(\Delta X, \Delta Y)$ auswählt, ein neuer Ursprung genommen werden.

[0044] Eine andere Möglichkeit, das Problem zu lösen, besteht darin, die Sequenz von Ganzzahl- $(\Delta X_{roh}, \Delta Y_{roh})$ inkremental zu belassen, sie mit der Einführung einer ausreichenden bruchteilhaften Auflösung zu drehen, um eine genaue, aber ungerundete Sequenz von $(\Delta X_2, \Delta Y_2)$ zu erzeugen, dann im Rahmen eines Erzeugens von gerundeten Versionen einen akkumulierten und bis jetzt nicht belegten bruchteilhaften Wert, der abgerundet wurde, vorzutragen und ihn zu dem nächsten inkrementalen Wert in der Sequenz hinzuzuaddieren, bevor er daraufhin abgerundet und als die nächste Ganzzahl $(\Delta X_2, \Delta Y_2)$ ausgesandt wird.

[0045] Eine weitere Lösung des Problems besteht darin, die Drehung durch eine der optischen Navigationsschaltungen intern durchführen zu lassen, bevor sie in eine Umgebung außerhalb ihrer selbst freigegeben werden. Dieser Ansatz ist vielleicht nicht der schnellste und auch nicht der kostengünstigste, aber andererseits kann die Art und Weise, wie diese Abmessungen gemessen werden, von einer Organisation zur nächsten beträchtlich variieren. Dies würde sicherlich funktionieren, und es läge ein hohes Maß an Präzision vor, das zur Verfügung steht, um eine artefaktfreie Sequenz von inkrementalen Koordinaten zu erzeugen. In die-

sem Fall würde das Blockdiagramm der **Fig. 3** dazu zurückkehren, wie es erscheinen würde, wenn beide Achsensätze parallel wären (d. h. die Koordinatendrehschaltung **20** nicht vorhanden wäre).

pelt.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

5

Patentansprüche

1. Zeigevorrichtung für ein Computersystem, die folgende Merkmale aufweist:
 eine erste optische Navigationsschaltung (**14**), die mit einer Arbeitsoberfläche (**2**) optisch gekoppelt ist und erste Zeigerinkrementsignale (**16**), die eine Bewegung in orthogonalen Richtungen über der Arbeitsoberfläche anzeigen, und ein erstes Gütefaktorsignal (**18**) erzeugt, das ein Niveau eines Vertrauens, das in die Korrektheit der ersten Zeigerinkrementsignale zu setzen ist, anzeigt;
 eine zweite optische Navigationsschaltung (**15**), die mit der Arbeitsoberfläche (**2**) optisch gekoppelt ist und zweite Zeigerinkrementsignale (**17**), die eine Bewegung in orthogonalen Richtungen über der Arbeitsoberfläche anzeigen, und ein zweites Gütefaktorsignal (**19**) erzeugt, das ein Niveau eines Vertrauens anzeigt, das in die Korrektheit der zweiten Zeigerinkrementsignale zu setzen ist;
 eine Navigationsauswahlschaltung (**21**), die mit dem ersten und dem zweiten Gütefaktorsignal gekoppelt ist und ein Navigationsauswahlsignal (**24**) erzeugt, das angibt, welches des ersten und des zweiten Gütefaktorsignals das günstigere ist;
 eine Auswahlschaltung (**25**), die mit dem ersten und dem zweiten Zeigerinkrementsignal und mit dem Navigationsauswahlsignal gekoppelt ist und an einem Ausgang definitive Zeigerinkrementsignale erzeugt, die dem ersten oder dem zweiten Zeigerinkrementsignal gemäß dem Navigationsauswahlsignal entsprechen; und
 eine Schnittstelle (**30**), die einen Eingang, der mit den definitiven Zeigerschnittstellensignalen gekoppelt ist, und einen Ausgang, der entsprechende Signale mit dem Computersystem koppelt, aufweist.
2. Zeigevorrichtung gemäß Anspruch 1, bei der die orthogonalen Richtungen für die zweite optische Navigationsschaltung (**15**) in einem Neigungswinkel zu den orthogonalen Richtungen der ersten optischen Navigationsschaltung (**14**) geneigt sind und die ferner eine Koordinatendrehschaltung (**20**) aufweist, die (a) einen Eingang aufweist, der mit den zweiten Zeigerinkrementsignalen, die durch die zweite optische Navigationsschaltung erzeugt sind, gekoppelt ist; (b) Koordinatenkomponenten dieser zweiten Zeigerinkrementsignale um den Neigungswinkel dreht, um gedrehte Koordinaten zu erzeugen; und (c) an einem Ausgang (**23**) gedrehte zweite Zeigerinkrementsignale, die mit der Auswahlschaltung gekoppelt sind, anstelle von ungedrehten zweiten Zeigerinkrementsignalen erzeugt.
3. Zeigevorrichtung gemäß Anspruch 2, bei der der Neigungswinkel fünfundvierzig Grad beträgt.
4. Zeigevorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, bei der mindestens eines des ersten und des zweiten Gütefaktorsignals von einer Inspektion der Werte einer zugeordneten Korrelationsoberfläche abgeleitet ist.
5. Zeigevorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, die ferner eine Linsenanordnung (**8**) aufweist, die sowohl die erste als auch die zweite optische Navigationsschaltung mit der Arbeitsoberfläche optisch kop-

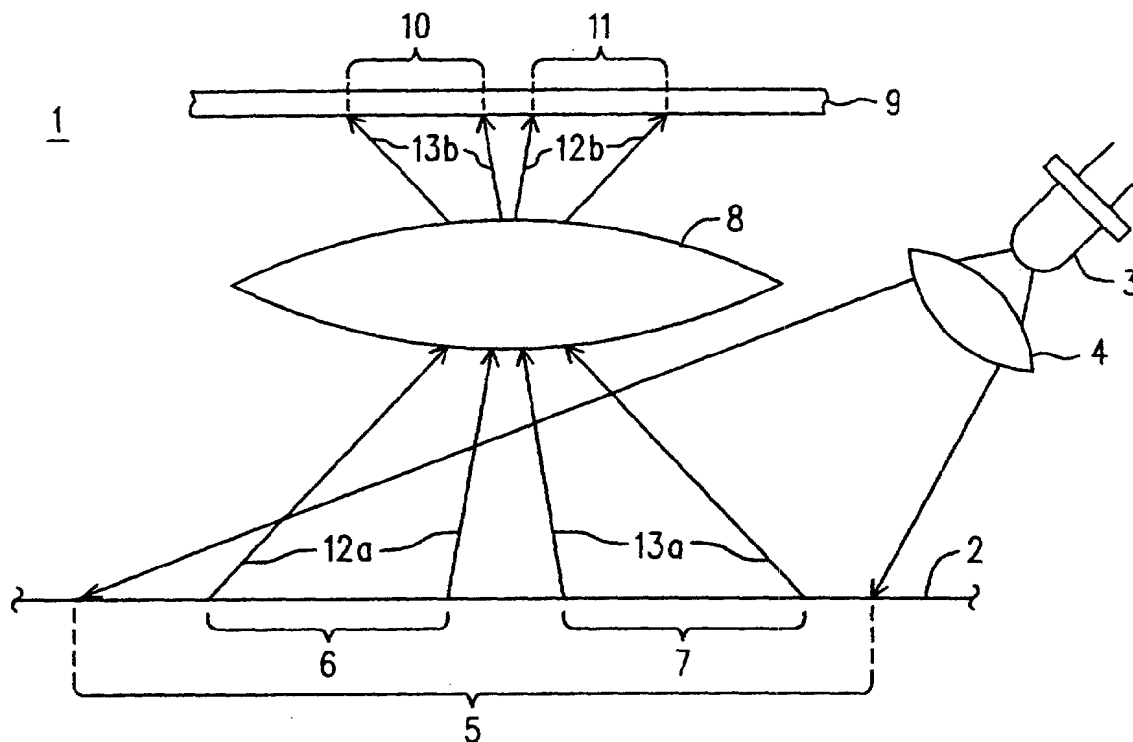


FIG. 1

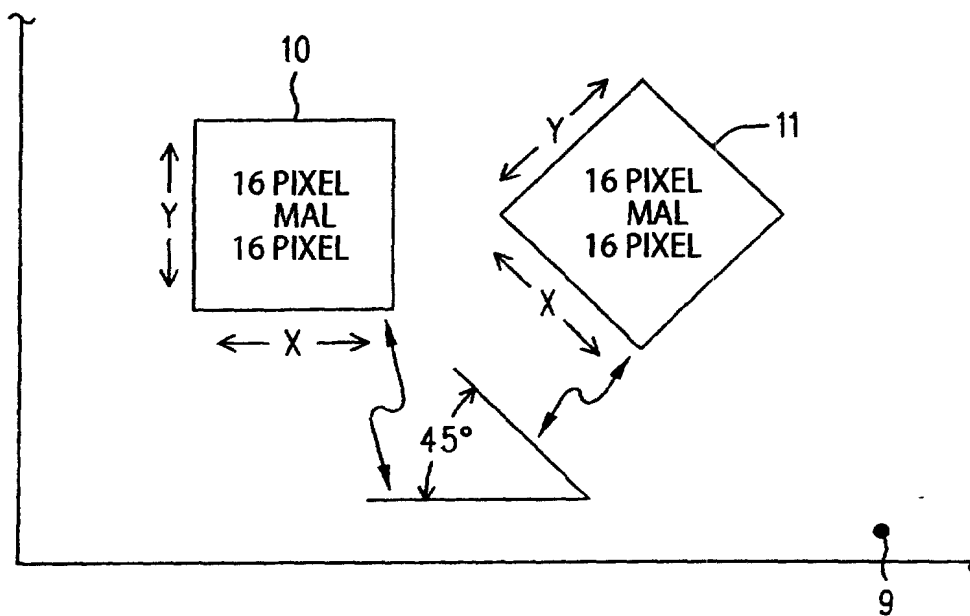
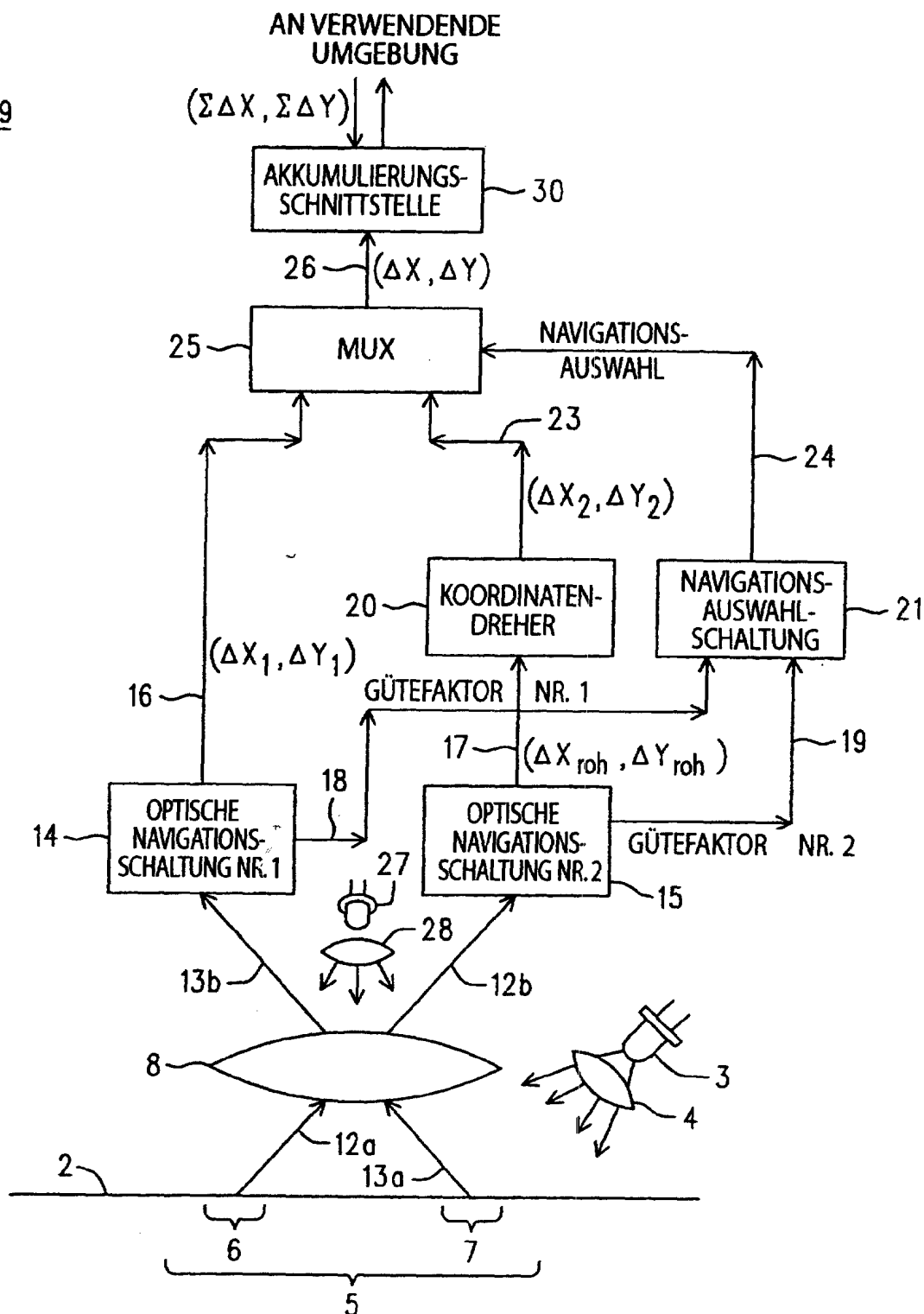


FIG. 2

29**FIG. 3**